

量子计算机跑得多快 终于有了统一的秒表

28 篇 · 8 个来源 | [PDF](#) | 本期汇总免费阅读

本期目录 今日三件事 硬件前沿 算法与软件 产业与生态 学术前沿 今日影响 编辑点评 收录报道28 信息来源8 阅读时长约 21 分钟 当前 S O T A 物理比特1, 180 2Q 保真度99. 99% 逻辑比特96 LQ 量子硬件 SOTA 对照表 →	
01 亮点 今日三件事  1 量子处理器速度有了新标尺，每秒百万层成为新标杆 已实现的「每秒超过一百万次线路层操作」持续执行速率，树立了衡量量子计算机性能的新标杆；新基准 CLOPS_h 把速度指标直接与硬件限制挂钩^[8]——此前业界只比保真度，不比出活速度。 1 Pasqal 与 LG CNS 签三年备忘录，共建混合计算数据中心 双方将在三年期内搭建可扩展的混合 AI 与量子计算平台，为下一代 AI 基础设施供能^[12]——中性原子路线拿到韩国大型系统集成商的数据中心入口。 1 Qoro Quantum 与英国 STFC Hartree 中心共建量子-超算示范平台 Qoro 的 Divi SDK 与	

Maestro 仿真引擎将接入 Hartree 中心的高性能计算集群，通过开源 QRMI 接口对接^[5]——面向英国工业界与公共部门研究的企业级混合调度试验场。

02 硬件

硬件前沿

中性原子·量子模拟

哈佛团队用冷原子量子模拟器在哈伯德模型（描述电子在晶格中相互作用的基础模型）中观测到向「赝能隙金属」的渐变过渡，实验温度较此前降低数倍^[14]。

技术含义：赝能隙是高温超导相图中最难解释的一块，此前只能在真实材料里间接推断；冷原子模拟器把它做成了可调参数下的直接观测对象，而降温数倍正是跨过这个观测门槛的关键——哈伯德模型的赝能隙区要求温度低到此前实验够不着的量级。

格局影响：这类模拟不走通用量子计算路线，不依赖纠错，属于「专用机先出成果」的典型；对中性原子平台的科学价值背书立竿见影，但与该路线在容错方向的短板（循环重复率仍在 1–10 Hz 量级、中路测量能力不足）是两条腿，不能互相替代。中性原子路线在科学模拟与纠错工程两头同时推进。

金刚石色心·声波保护比特

哈佛研究者用微观声波保护量子信息：让机械振动持续包裹一个金刚石基比特，相干时间（量子态保

持不乱的时长) 延长至约原先的三倍^[20]。同一批声子未来可能既传输又保护量子信息, 指向芯片上的紧凑型声学量子网络^[20]。

技术含义: 三倍是相对该器件自身的改进, 不是跨平台纪录——金刚石色心本就不在双比特保真度榜单上竞争, 它的价值在于室温工作与光学接口。真正的新意是保护手段: 不用动态解耦的脉冲序列, 而用连续声场, 等于把噪声屏蔽做进了器件的物理环境里。

格局影响: 受影响的是量子网络与传感, 而非通用计算主线; 声子作为片上总线若走通, 可以省掉微波与光学之间的转换损耗。时间尺度以年计, 目前仍是单比特级别的原理演示, 距离多节点链路还差整整一个工程层级。

超导·串扰屏蔽

有工作在 IBM 的重六边形 (heavy-hex, 每个比特只连 2-3 个邻居的稀疏布局) 处理器上, 用一种「折叠-展开」嵌入方式配合稳健的动态解耦, 实现了各向异性的 (3,5) 表面码^[11]。

技术含义: 重六边形布局的先天问题是连通度低, 表面码本来要求方格连接, 硬塞进去会浪费大量比特; 折叠-展开嵌入加上抗串扰的脉冲序列, 是在既有硬件上「挤」出码距的工程解法。(3,5) 这种各向异性码距意味着两个方向的纠错能力不对称, 是对布局妥协的直接体现。

格局影响: 对照当前超导量子纠错的公开进展, 本工作的码距与压制能力都还在更早的阶段, 属于

「让非方格硬件也能做表面码」的适配性进展，而非纪录刷新。值得注意的是 IBM 自己的新路线（Nighthawk）已转向方格拓扑，说明重六边形的纠错代价在厂商内部也已被认账。

光子·经典光变量子机

有物理学家把经典光场改造成可用于信息处理的量子机器，路线是绕开「多粒子量子系统极难搭建」这一障碍^[2]。噪声、损耗乃至极微小的扰动都会摧毁量子系统赖以工作的脆弱行为^[2]。

技术含义：来源只给出了结论与背景——经典光被改造成可用于信息处理的量子机器，而量子系统本身脆弱、多粒子系统难以搭建——并未披露实现机制^[2]。因此这台「量子机器」究竟能做哪一类信息处理任务、是否涉及真正的多体纠缠，要回查原文才能判断。

格局影响：光子路线的硬门槛始终是端到端损耗预算，而不是保真度数字本身——这条路线公布的融合保真度，通常都以「探测到光子」为前提条件。任何绕开损耗问题的光学方案，都要先说清楚它放弃了什么。

光电器件·被忽视的底座

Hamamatsu 的 Klea Dhmitri 指出，光子学是量子硬件规模化背后的隐形骨架^[23]。

格局影响：探测器、光源与光路是所有平台的公共依赖——离子阱与中性原子要靠高效收集荧光做读出，超导要靠光互连做跨模块连接。尽调门槛上，

探测效率与光路损耗是必须逐项追问的指标。供应链环节的公司往往比整机厂更早看到订单结构变化。

03 算法

算法与软件



量子计算机的「主频」第一次被标准化

每秒超过一百万次线路层操作的持续执行速率，如今已树立起评估量子计算机性能的新标杆^[8]。此前的基准工作只盯保真度，忽略了这些机器反复运行复杂计算的^[8]实际速度。这项工作提出的 CLOPS_h 把系统速度与硬件限制直接关联^[8]。

技术含义：这是量子基准体系里长期缺的一块。量子体积（QV）衡量的是「能跑多复杂的线路」，保真度衡量「跑得对不对」，但变分算法、误差缓解、纠错解码全都要成千上万次重复采样——跑得慢，再高的保真度也换不来可用结果。至于后缀 h 的含义，来源并未解释，只说 CLOPS_h 把系统速度与硬件限制直接关联^[8]。

格局影响：这条标尺一立，各平台的隐藏短板会被摆上台面。离子阱的公开通病正是重复率与离子运输开销，中性原子的典型循环重复率只有每秒 1–10 次——两条在保真度榜单上最风光的路线，在速度这张表上要重新排位；超导则因为门时间在 20–100 纳秒量级而占优。对采购方来说，这意味着标书里可以加一列此前没法写的参数；对厂商来说，压力在半年到一年内传导到工程路线图。需要提醒的是：量子体积在大规模后已经饱和，只能做中等规模横向锚点——速度基准会不会重蹈覆辙，要看它能否抗住厂商的针对性优化。

分布式量子计算：门传送胜过线路切割

memQ Inc. 的研究者比较了门传送 (gate teleportation) 与线路切割 (circuit cutting) 两条分布式量子计算路径，结论是后者带来指数级开销^[15]。

技术含义：线路切割是把一条大线路拆成几条小线路分别在小机器上跑，再用经典后处理拼回结果——它不需要量子链路，是纯软件方案，但拼接所需的采样次数随切口数指数增长。门传送则需要真的分发纠缠，硬件门槛高；来源只结论性地指出指数级开销出现在线路切割这一侧，并未给出门传送开销的定量结论^[15]。这个比较给「软件凑合」与「硬件正解」划出了方向性的分界。

格局影响：对所有押注「多台小机器联网顶一台大机器」的厂商，这是一份成本对照表。线路切割在切口数量很少时仍然划算，可作为过渡手段；但要真正做大，纠缠分发的硬件投入躲不掉——这也正

是 Qoro 与 memQ 这类做量子互连与调度的公司存在的理由。

量子密钥分发的收敛慢问题有了新解法

一种名为 FastRényiQKD 的新方法利用 Rényi 熵（一族推广的信息量度量）构造安全性证明，目标是克服量子密钥分发安全性证明中收敛慢的问题^[13]。

技术含义：这不是硬件变快，而是数学变省。量子密钥分发的成码率受限于有限长度效应——采样次数不够多时，安全性证明必须留出保守余量，导致实际能提取的密钥远少于理论值。换一族熵做证明，目标是减少这个「安全折扣」。

格局影响：潜在受益者是已经部署量子密钥分发线路的运营商与金融机构——若方法成立，他们无需更换设备就能提高成码率；但来源只说该方法「意在」克服收敛慢，尚未给出经验证的成码率提升^[13]。时间尺度较短——证明方法的落地只需软件后处理层更新，以月计。

仿真保真度有了可控的误差上界

一种「录音机式粗粒化」技术在洛伦兹型与平带型热浴条件下给出精确结果，而现有的分层运动方程（HEOM）计算在这些条件下无法收敛^[7]。该方法在量子纳米结构仿真过程中动态管理计算开销而不牺牲保真度，并在相互作用电极条件下给出了库仑阻塞峰的劈裂^[7]。

技术含义：关键不在「更快」，而在「有界」——仿真误差被明确地框住，结果才能当证据用。分层运动方程是开放量子系统仿真的主力工具，它在某些热浴谱下不收敛是长期已知的痛点。

格局影响：受影响的是器件设计环节。所有平台的比特设计都依赖开放系统仿真来预测退相干，仿真不收敛意味着设计只能靠试错。这类工具改进不会上头条，但会安静地缩短每一轮流片的迭代周期。

材料模型有了新考卷

Michele Simoncelli 的团队与剑桥大学同事合作，发布了一个用于评估材料性质预测模型的新基准^[9]。

技术含义：基准的价值在于暴露过拟合——机器学习势函数在训练集分布内表现漂亮、在外推区崩溃，是这个领域的老问题。

格局影响：材料模拟是量子计算被反复许诺的杀手级应用之一。先把经典方法的能力边界量清楚，才知道量子方法到底要在哪一段接手——这条基准线立得越准，量子优势的宣称就越难含糊。



Pasqal 牵手 LG CNS，三年建混合算力平台

Pasqal 与 LG CNS 签署为期三年的谅解备忘录，共同构建可扩展的混合 AI 与量子计算平台，用于支撑下一代 AI 基础设施^[12]。

商业含义：LG CNS 是韩国大型系统集成商，手里握着企业客户的机房与运维合同。对 Pasqal 而言，这是把中性原子机器塞进商业数据中心的通道，而不是又一份研究合作。备忘录性质意味着尚无约束力的采购承诺，金额与部署规模均未披露。

格局影响：韩国此前在量子硬件上的公开动作不多，主要以三星、LG 等集团的算力需求为牵引。中性原子路线在亚洲数据中心市场落子，与 IQM 在欧洲、IBM 在北美的布局形成对照——三年期是这类合作的典型窗口，真正的检验点在第一台机器落地的时间表。

Qoro Quantum 接入英国 Hartree 中心

Qoro Quantum 与 STFC Hartree 中心签署谅解备忘录，共建英国的量子-超算示范平台，把 Qoro 的软件栈整合进 Hartree 中心的高性能计算集群^[5]。

方案使用 Qoro 的 Divi SDK 与 Maestro 仿真引擎，并通过开源的 QRMI 接口实现无缝对接^[5]。目标是为英国工业界与公共部门研究提供企业级混合量子-高性能计算能力^[5]。

商业含义：Qoro 卖的是调度与编排层，不造硬件——这层的价值随着后端机器变多而上升，是典型的「越碎片化越赚钱」的位置。走开源接口（QRMI）而非私有协议，是为了不被单一硬件厂商锁死。

格局影响：从各国近期动向看，量子机进国家级超算中心已经从个案变成定式。英国这一步补的是软件中间层，说明各国建设顺序趋同：先谈硬件采购，再补调度栈。受影响最直接的是本土企业用户，他们获得试验入口的门槛在往下降。

Quandela 落子越南

Quandela 与 Quanova 在越南-法国领导人论坛上正式确立合作关系，并获得 Nam A Bank 支持，推进越南的量子计算发展^[16]。

商业含义：一家银行出现在量子硬件合作的支持方名单里，值得留意——这通常意味着资金方把量子能力当作长期战略资产，而非采购标的。合作金额与具体交付内容未披露。

格局影响：法国光子路线厂商向东南亚输出，走的是国家层面的外交渠道。新兴市场的量子布局往往从人才培养与示范机起步，商业回报以年计，但先入者能拿到标准与培训体系的话语权。

Q.ANT、QuantrolOx 等四家公司调整高层

Q.ANT 任命 Joerg Behrend 为硬件副总裁，负责 NPU 生产^[6]。Qtonic Quantum 引入 Gina Fratarcangeli 担任负责 AI 转型与全球联盟的高级顾问^[6]。QuantrolOx 任命 Srishti Mahhajan 为全球战略与企业发展负责人^[6]。Leiden Cryogenics 新任首席执行官为 Eric Kievit，创始人 Giorgio Frossati 转任高级科学家^[6]。

商业含义：这批任命里有两个方向性信号。Q.ANT 设立「负责生产的硬件副总裁」，说明它已从原型阶段转向产能爬坡；Leiden Cryogenics 的创始人让位给职业经理人、自己回去做科学家，是低温设备这类供应链公司走向规模化的典型交接。

格局影响：稀释制冷机是超导与自旋路线的公共瓶颈供应商，这一环的管理层变动虽不起眼，但交付周期的变化会传导到所有下游整机厂。

芝加哥州立大学设 CQuEST 中心

芝加哥州立大学启动 CQuEST 中心，作为芝加哥南区的研究与劳动力枢纽，整合该校的量子与半导体学位项目^[4]。中心提供量子信息科学与工程（QISE）辅修及证书课程，为学生提供研究设施、实习与就业渠道，同时开展区域 STEM 外展^[4]。

格局影响：量子行业的人才缺口集中在「会操作、能维护」的技术员层级，而非博士层级——证书与辅修课程正是对这一缺口的回应。芝加哥已有 Illinois 量子园区的基础设施，本地院校补上人才管

道，是产业集群成型的标准配件。回报以三到五年计。

MIT 量子计划启动博士后学者项目

MIT 量子计划 (QMIT) 推出新的博士后学者项目，由 Gordon and Betty Moore 基金会资助，项目于 2025 年 12 月启动^[19]。QMIT 称该项目意在把量子科学与其他学科连接起来，培养下一代科研领军人才^[19]。

格局影响：与上一条形成对照——一端补技术员，一端补跨学科的研究领导者。私人基金会资助博士后项目，在联邦科研经费吃紧时是重要的缓冲。这类投入的产出周期最长，但决定十年后谁在定义问题。

05 学术

学术前沿

马约拉纳比特的「指数保护」在现实器件里失效

一项新工作显示：在提议中的马约拉纳比特（拓扑路线的核心构件，理论上天然抗噪）里，本应享有的抗环境噪声初始保护——表现为信号衰减随参数指数式下降——会在量子态之间能量劈裂增大时消失^[17]。这一偏离理想行为的现象，源自准粒子中毒等现实器件限制，而此前的解析模型未曾处理这些因素^[17]。新工作给出了明确的推导^[17]。

技术含义：拓扑路线全部的吸引力都建立在一个承诺上——保护来自拓扑性质本身，误差随系统参数

指数压制，因此不必付出其他路线那样高昂的纠错开销。这项工作把「指数保护在什么条件下退化」写成了显式表达式，等于给这个承诺加了边界条件。准粒子中毒是马约拉纳器件公认的头号杀手，理论模型此前长期把它当作可忽略项。

格局影响：对拓扑路线的投资方，这是一份需要认真读的风险文档。它不否定路线，但把「拓扑保护」从定性卖点变成了需要逐项核实的定量指标——尽调时该问的不再是「有没有保护」，而是「能量劈裂多大、准粒子中毒率多少、指数区间还剩多宽」。对照其他路线的成熟度：离子阱与中性原子都已在比拼双比特保真度与逻辑比特数，拓扑路线目前仍在论证基本构件是否成立的阶段，差距不是一代。

重六边形拓扑上的表面码嵌入

前述 IBM 重六边形处理器上的「折叠-展开」嵌入与动态解耦工作，属于把纠错码往非理想连通度硬件上适配的一类^[11]。

技术含义：动态解耦在这里不只是延长相干时间，更是压制串扰——稀疏连通度布局的串扰模式与方格布局不同，需要专门设计的脉冲序列。这类工作决定了已经装机的几十台超导机器还能不能用于纠错实验。

格局影响：受影响的是 IBM 云平台上的研究用户群体。短期内它提高了存量硬件的利用率；长期看，IBM 转向方格拓扑已经给出了答案——重六边形的纠错适配是过渡方案，不是终局。

今日影响

1 采购方今天多了一个可以写进招标书的参数。

CLOPS_h 把「每秒一百万次线路层操作」的持续执行速率立为新标杆^[8]，此前只有保真度和量子体积可比。受影响最直接的是准备采购量子机的超算中心与企业客户——过去他们没法在合同里约束「跑得慢」这件事。下一步值得盯：各厂商会不会公布自己的 CLOPS_h 数字，以及谁沉默。保真度最强的两条路线（离子阱、中性原子）恰好是重复率最吃亏的，沉默本身就是信息。

1 分布式量子计算的两条路线，成本账算清了。门

传送与线路切割的比较结论是后者带指数级开销^[15]。受影响的是所有把「多机互联」写进路线图的厂商，以及 Qoro 这类做调度层的公司^[5]。下一步值得盯：线路切割的适用切口数上限具体是多少——这个数字决定了纯软件方案的过渡期还有多长，也决定了量子互连硬件的投资必须在什么时候启动。

1 量子密钥分发有了不换硬件的提速思路。

FastRényiQKD 用 Rényi 熵改写安全性证明，意在攻克收敛慢导致的成码率折扣^[13]。受影响的是已经铺了量子密钥分发线路的电信运营商与金融机构。下一步值得盯：这套证明何时进入标准

化流程——软件层更新以月计，但要写进行业规范需要独立复核，周期更长。

1 **拓扑路线的核心卖点被加了边界条件。** 马约拉纳比特的指数保护在能量劈裂增大与准粒子中毒条件下失效^[17]。受影响的是押注拓扑路线的投资方与相关团队。下一步值得盯：后续实验是否给出能量劈裂与中毒率的实测区间——理论边界画出来之后，下一个问题必然是现实器件落在边界的哪一侧。

1 **两家数据中心级合作同日落地，量子机的「装在哪」有了新答案。** Pasqal 与 LG CNS 三年共建混合平台^[12]，Qoro 与英国 Hartree 中心共建量子-超算示范平台^[5]。受影响的是企业客户的接入门槛——机器进了商业与国家级机房，就不再需要每个用户都去找厂商谈专线。下一步值得盯：这两份备忘录何时转为有约束力的采购，以及首台机器的到位时间。备忘录本身不含金额，兑现率是这类合作的真实考核项。

07 编辑

编辑点评

这一天的新闻有一条不太显眼的主线：行业开始给自己立规矩。速度基准把「跑得多快」从厂商话术变成可测量的数字，材料模型基准把经典方法的能力边界量了出来，分布式计算的开销比较把两条技术路径的成本差写成了明确结论，而马约拉纳比特的解析工作则把一条路线的核心承诺加上了失效条件。这些工作都不产生新纪录，但它们改变的是纪

录该怎么算。一个领域从「谁的数字更大」转向「数字的口径是什么」，通常发生在从演示走向采购的过渡期——买家开始出现，卖家就必须接受第三方的度量衡。

值得警惕的是度量衡本身会被优化。量子体积在大规模之后已经饱和，从区分指标退化成了营销数字，这个教训还很新鲜。新的速度基准能撑多久，取决于它能不能抵抗针对性调优——把测试线路跑快容易，把真实工作负载跑快很难。对读者而言，实用的判断方法没有变：看一个数字是在什么条件下测的、是单个最优样本还是全体中位、是否附了原始数据。今天的赝能隙观测与声波保护相干时间都属于扎实的科学工作，但它们距离产品仍隔着整个工程链条；今天的两份数据中心备忘录都没有金额，兑现与否要等一到三年才见分晓。在这个阶段，能把话说清楚的工作，比能把数字说大的工作更值钱。

参考资料

[1] Find Your Favorite Speakers (Literally)	[4] SEALSQ Reports H1 2026 Financial Results: Revenue Surges 131% to \$11.2M, \$486M Cash Balance, and Post-Quantum Hardware Progress
[2] Physicists turn classical light into a quantum machine for information processing	[5] Chicago State University Launches CQuEST Center to Anchor South Side Quantum Workforce Pipeline
[3] Alignment Is Whether AI Wants to Kill Us. Cybersecurity Is Whether We Let It.	

- [6] Qoro Quantum Signs MoU with STFC Hartree Centre to Build UK Quantum-HPC Demonstrator
- [7] Who's News: Strategic Appointments at Q.ANT, Qtonic Quantum, QuantroLOx, and Leiden Cryogenics
- [8] QClairvoyance Quantum Labs Signs MoU with IITM-C-DOT Samgnya Foundation to Advance Indian Quantum Ecosystem
- [9] Qubic Secures CA\$1.5 Million (\$1.08 Million USD) Canadian Federal Contract for Cryogenic Amplifiers
- [10] Researchers Bound Quantum Infidelity during Simulation Periods
- [11] Researchers Measure Quantum Processor Speed Using New Benchmark
- [12] Columbia & Cambridge unlock quantum AI for new material models
- [13] Security in the Post-Quantum Era, What Changes Once the Migration Is Done
- [14] Chalmers speeds quantum operations 1,000x, nearing fault tolerance
- [15] Dynamical Decoupling Shields Qubits From Heavy-Hex Crosstalk
- [16] Pasqal and LG CNS build quantum-ready AI data centers
- [17] A new cone, FastRényiQKD, boosts quantum key distribution speed
- [18] Quantum simulator finds a 'pseudogap' in a model material
- [19] memQ compares gate teleportation to circuit cutting for quantum computing
- [20] Quandela and Qanova team up to grow quantum skills in Vietnam
- [21] Qubic lands \$1.5M Canadian deal for quantum amplifiers
- [22] Fisica Team Quantifies Decay Rates in Majorana Qubits
- [23] Quantum Zeitgeist Weekly Digest
- [24] QMIT launches quantum fellowships to train next-gen leaders
- [25] Tiny sound waves could help solve a major quantum computing problem
- [26] How AI can help with early schizophrenia diagnosis
- [27] Why doing nothing is good for your brain
- [28] Klea Dhmitri (Hamamatsu): Photonics as the hidden backbone of quantum hardware scaling

配图源自所引论文与新闻稿；如引用不规范，请联系编辑部删除。